

SILTOJEN KUORMAT



TIEHALLINTO

Kirjasto

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
SILLANSUUNNITTELUTOIMISTO
TVH 722072

HELSINKI 1982

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Sillansuunnittelutoimisto

Helsinki 20.5.1982

Nro Sss-149/C.2.3.1
Viite Tie- ja vesirakennushallituksen kirjeet S-417/25.2.1974 ja Sss-365/28.4.1976

Jakelussa mainitut

Asia Siltojen kuormat TVH
722072

Asiakohdassa mainitussa ohjeessa esitetään siltojen suunnittelussa käytettävät kuormat ja niiden käyttöä koskevat ohjeet eri mitoitusmenetelmien yhteydessä. Ohje perustuu viitekohdassa mainittuihin tie- ja vesirakennushallituksen kirjeisiin, Pohjoismaisen Tieteknillisen Liiton (PTL) raporttiin nro 4:1980 "Lastbestemmelser for vegbruer" ja sisäasiainministeriön julkaiseman Suomen Rakentamismääräyskokoelman määräykseen B 1 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset.

Verrattaessa ohjetta "Siltojen kuormat" tähän asti noudatettuun käytäntöön voidaan todeta, että

- ajoneuvoliikenteen siltojen liikennekuormat kuormaluokassa I ovat samat kuin viitekirjeessä nro S-417 esitetyt kuormat. Ohjeeseen on lisäksi otettu mukaan kuormaluokka II niiden yksityistiesiltojen suunnittelua varten, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen
- kevyen liikenteen siltojen kuormissa on tehty viitekirjeeseen Sss-365 nähden vähäisiä muutoksia, jotka suurentavat kuormien paikallisia vaikutuksia
- luonnonkuormien osalta on otettu käyttöön PTL:n suositukset, eräin muutoksin ja täydennyksin. Luonnonkuormat oli aikaisemmin määriteltä julkaisussa RIL 59, Rakenteiden

Vastauksessa pyydetään viittaamaan kirjelmän numeroon ja päiväkseen

kuormitusnormit

- kuormien yhdistelyt on määritelty vastaamaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman määräyksessä B 1 esitettyjä yhdistelysääntöjä.

Ohje "Siltojen kuormat", TVH 722072 otetaan käyttöön välittömästi. Ohjekirjeet S-417/25.2.1974 ja Sss-365/28.4.1976 poistetaan käytöstä.

Ylijohtaja

Väinö Suonio
Väinö Suonio

Osastopäällikkö

E. A. Hietanen
E. A. Hietanen

LIITE: Siltojen kuormat, TVH 722072

JAKELU: Tie- ja vesirakennuspiiri, 5 kpl
S, Stie, Sts, R, Rmt, Rsot, Rsr, 1 kpl
Sss:n teknillinen henkilökunta, 1 kpl
Kirjasto, 1 kpl
Ohjekokoelma C.2.3.1, 1 kpl
TVL:n ulkopuolinen jakalu/Luettelo

SILTOJEN KUORMAT

SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISTÄ

- 1.1 Ohjeen käyttö
- 1.2 Ohjeen sisältö
- 1.3 Liikennekuorman merkintä

2 PYSYVÄT KUORMAT

- 2.1 Yleistä
- 2.2 Rakenneosien paino
- 2.3 Maanpaine
- 2.4 Vedenpinnan aseman huomioonottaminen
- 2.5 Kutistuminen ja viruminen

3 MUUTTUVAT KUORMAT

- 3.1 Ajoneuvoliikenteen sillan liikennekuorma
- 3.2 Kevyen liikenteen sillan liikennekuorma
- 3.3 Liikennekuorman aiheuttama maanpaine
- 3.4 Laakerikitka
- 3.5 Lämpötilan muutos ja epätasainen lämpötila
- 3.6 Tuulikuorma
- 3.7 Jääkuorma
- 3.8 Törmäyskuorma
- 3.9 Tukien siirtyminen
- 3.10 Avattavaa siltaa koskevat erityisohjeet

4 KUORMIEN YHDISTELY

- 4.1 Yleistä
- 4.2 Rajatilamitoitus
- 4.3 Mitoitus sallittuja jännityksiä käyttäen
- 4.4 Kokonaisvarmuuskerroinmenetelmä

1. YLEISTÄ

1.1 Ohjeen käyttö

Tätä ohjetta käytetään kaikkien yleisten teiden siltojen suunnittelussa ja niiden yksityistiesiltojen suunnittelussa, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen. Siltojen kantavuuden määrittämisestä annetaan ohjeet erikseen.

Ohjeessa on määritetty kaksi kuormaluokkaa ajoneuvoliikenteelle tarkoitettujen siltojen liikennekuormalle. Kuormaluokkaa I käytetään yleisten teiden silloissa ja niissä yksityisteiden silloissa, jotka todennäköisesti muuttuvat yleisten teiden silloiksi. Luvanvaraisiin erikoiskuljetuksiin varaudutaan tarkistamalla rakenne kuormakaaviolle raskas erikoiskuorma 1 tai eräissä poikkeustapauksissa vähäliikenteisillä teillä kuormakaaviolle raskas erikoiskuorma 2.

Kuormaluokkaa II käytetään muissa valtion avustusta saavissa yksityisteiden silloissa. Näissä silloissa harkitaan luvanvaraisten erikoiskuljetusten tarve erikseen ja tarvittaessa varaudutaan niihin tarkistamalla sillan mitoitus kuormakaaviolle raskas erikoiskuorma 2.

Erikoistapauksissa kuten raskaiden erikoiskuljetusten reittien silloissa voidaan tapauskohtaisesti määrätä käytettäväksi suurempia suunnittelukuormia kuin tässä ohjeessa on esitetty.

1.2 Ohjeen sisältö

Ohje määrittelee kuormat siltojen suunnittelua varten.

Kuormien ominaisarvot on esitetty luvuissa 2 ja 3.

Kantavien rakenteiden yleiset suunnitteluperusteet ja eri mitoitusmenetelmiä koskevat perusteet on määriteltä sisä-asianministeriön julkaiseman Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksessä B1 "Rakenteiden varmuus ja kuormitukset". Sen pohjalta on määriteltä luvussa 4 kuormien yhdistelyperiaatteet eri mitoitusmenetelmien yhteydessä sekä kuormien osavarmuuskertoimet rajatilamitoituksen yhteydessä. Liikennekuorman osavarmuuskerroin on valittu ottaen huomioon se, että uusille silloille tuleva kantavuus vastaa nykyistä tasoa.

1.3 Liikennekuorman merkintä

Liikennekuorman merkinnässä ilmoitetaan kuormaluokka, Lk I tai Lk II, tarkistuskuorma raskaita erikoiskuljetuksia varten, Ek 1 tai Ek 2 sekä viittaus tähän ohjeeseen TVH 82. Esim. Lk I, Ek 1/TVH 82

Kevyen liikenteen sillan liikennekuormasta käytetään merkintää Klk/TVH 82.

2. PYSYVÄT KUORMAT

2.1 Yleistä

Pysyviksi kuormiksi katsotaan rakenneosien paino ja muu rakenteeseen vaikuttava muuttumaton kuorma kuten täytteet ja päällysteet, maanpaine sekä kuorma, joka aiheutuu aliveden korkeudella olevasta vedestä. Kutistuminen ja viruminen otetaan myös huomioon kuten pysyvä kuorma.

2.2 Rakenneosien paino

Rakenneosien paino lasketaan yleensä käyttäen nimellismittoja ja aineiden keskimääristä tilavuuspainoa.

Päällysteen painoa laskettaessa varaudutaan lisäpäällysterkerrokseen, jonka paino on 1 kN/m^2 .

2.3 Maanpaine

Maanpaine katsotaan yleensä pysyväksi kuormaksi. Jos joku osa maata voidaan otaksua poistettavaksi rakenteen käyttö-aikana, lasketaan poistamisen vaikutus muuttuvana kuormana.

Maanpaine, joka aiheutuu maan pintaan kohdistuvasta kuormasta luokitellaan samalla tavalla kuin kuorma, joka sen aiheuttaa.

Siltojen maa- ja välituet mitoitetaan vähintään lepopaineen suuruiselle maanpaineelle ja tarkistetaan myös 0,7 kertaa lepopaineen suuruiselle paineelle. Jos rakenne, pakotetaan liikkumaan maata vastaan, mitoitetaan se suuremmalle maanpaineelle kuin lepopaine.

Maanpainetta on käsitelty tarkemmin ohjeessa TVH 722068 "Standardin SFS 4315 Pohjarakennusohjeet soveltaminen sil-lansuunnittelussa".

2.4 Vedenpinnan aseman huomioonottaminen

Vedenpinnan raja-arvoina käytetään alivedenpintaa (NW) ja ylivedenpintaa (HW). Veden aiheuttama noste ja tästä aiheutuva muutos maanpaineeseen voidaan käsitellä pysyvänä kuormana alivedenpinnan NW tasolla ja muuttuvana kuormana HW-tason ja NW-tason väliseltä osalta.

2.5 Kutistuminen ja viruminen

Kutistuminen ja viruminen voidaan yleensä ottaa huomioon suunnittelussa loppuarvolla, jolle käytetään materiaali-ohjeissa annettua arvoa. Tilanne, jossa vain osa kutistumisesta ja virumisesta on tapahtunut, tutkitaan tarvittaessa.

Kuormayhdistelyissä kutistuminen ja viruminen otetaan huomioon pysyvänä kuormana.

3. MUUTTUVAT KUORMAT

3.1 Ajoneuvoliikenteen sillan liikennekuorma

3.11 Pystysuorat kuormat

3.111 Ajoinat ja piennar

Ajoneuvokuorma sysäyksistä aiheutuva lisäys mukaanluettuna määritetään käyttäen kuormakaavioita 1, 2 ja 3. Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaavioille, joka antaa määrävän vaikutuksen.

Kuormakaavioiden 1 ja 2 oletetaan kuormittavan sillan pituussuuntaista pintaa, kuormakaistaa, jonka leveys on 3,0 m. Kuormakaistojen lukumäärä ja sijoitus sillan poikkisuunnassa valitaan siten, että saavutetaan määrävä vaikutus.

Kuormakaistojen lukumäärä on enintään sama kuin tiesuunnitelmassa tielle edellytettujen ajokaistojen lukumäärä.

Erityistapauksissa (esim. ajorampit tienristeyksien läheisyydessä, leveät yksiajokaistaisten teiden sillat jne.) määritetään kuormakaistojen lukumäärä erikseen.

Erityisen raskaiden ajoneuvojen aiheuttama kuorma määritetään käyttämällä lisäksi kuormakaaviota, raskas erikoiskuorma, jonka ei oleteta esiintyvän samanaikaisesti kuormakaavioiden 1, 2 tai 3 kanssa.

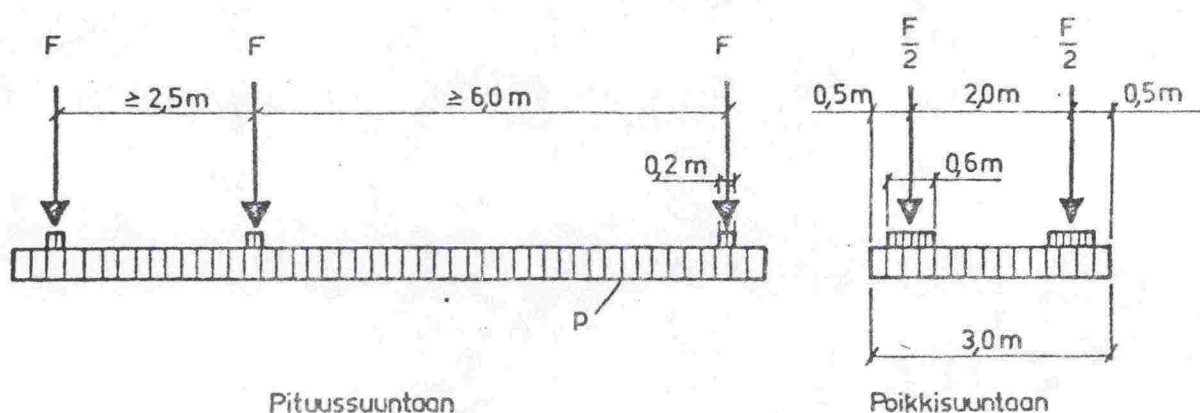
Kuormakaavio 1

Kuormakaavio 1 käsittää tasaisesti kuormakaistan leveydelle jakautuneen kuorman p ja kolmen akselin F muodostaman akseliryhmän, jonka akselivälit ovat $\geq 2,5$ m ja $\geq 6,0$ m.

Akselikuorman F ja nauhakuorman p suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka		I	II
Akselikuorma F (kN)		210	160
Nauhakuorma p (kN/m)		9	6

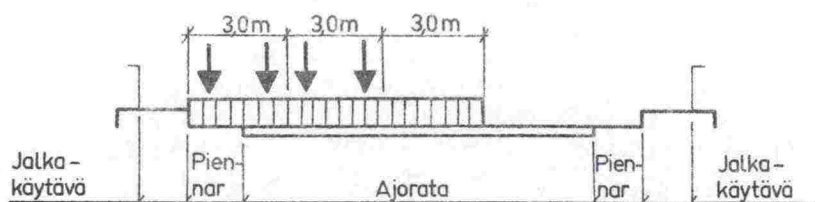
Akselikuormat muodostuvat kahdesta pyöräkuormasta, joiden keskiöväli on 2,0 m. Pyöräkuorman suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,6 m kohtisuoraan tätä vastaan. Pyöräkuormat sijaitsevat keskeisesti kuormakaistassa (kuva 1).



Kuva 1. Kuormakaavio 1.

Akseliryhmällä kuormitetaan enintään kaksi kuormakaistaa. Kullekin kuormakaistalle sijoitetaan vain yksi kolmen akselin kuormaryhmä.

Kuormakaistat sijoitetaan määräävään asemaan sillan poikkisuunnassa koko ajoradan leveydelle (mukaanluettuina pientareet ja muut pinnat ajoradan tasossa). Ne osat tästä alueesta, jotka jäävät kuormakaistojen ulkopuolelle, jätetään kuormittamatta. Esimerkkejä kuormakaistojen sijoituksesta esitetään kuvassa 2. Kuormakaavio sijoitetaan sillan pituussuunnassa siten, että saadaan epäedullisin kuormavaikutus.



3-ajokaistainen poikkileikkaus



2x2 ajokaistainen poikkileikkaus

Kuva 2. Esimerkki kuormakaistojen sijoituksesta

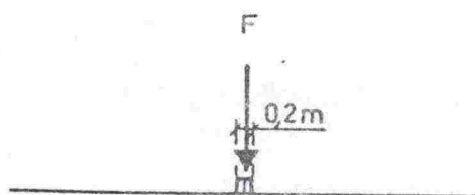
Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 käsittää yhden akselikuorman F , jonka muodostaa kaksi pyöräkuormaa, joiden keskiöväli on 2,0 m.

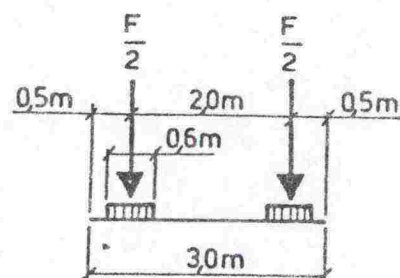
Akselikuorman F suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	I	II
Akselikuorma F (kN)	260	200

Pyöräkuorman suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,6 m kohtisuoraan tätä vastaan. Pyöräkuormat sijaitsevat keskeisesti kuormakaistassa (kuva 3).



Pituussuuntaan



Poikkisuuntaan

Kuva 3. Kuormakaavio 2.

Akselikuormalla kuormitetaan enintään kaksi kuormakaistaa.

Akselikuorma sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saadaan epäedullisin kuormavaikutus.

Kuormakaavio 3

Kuormakaavio 3 muodostuu yhdestä pyöräkuormasta, jonka suuruus ja kosketuspinnan ala on sama kuin pyöräkuormalla kuormakaavio 2:ssa. Pyöräkuorma sijoitetaan mielivaltaisesti sillan poikkisuunnassa. Kosketuspinnan pienin keskiöetäisyys kaiteeseen tai muuhun esteeseen on 0,5 m.

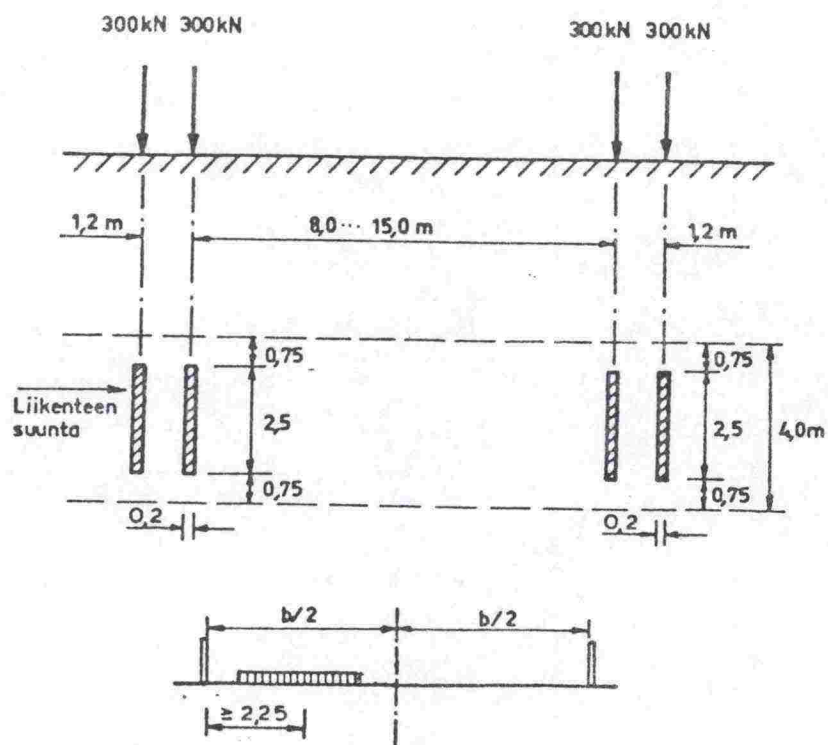
Raskas erikoiskuorma

Raskas erikoiskuorma on kuvissa 4 (kuormaluokka I) ja 5 (kuormaluokka II) esitetyn kaavion mukainen ajoneuvo, jonka kokonaisleveys on 4 m ja jonka akselistot muodostuvat kahdesta akselistasta (teli).

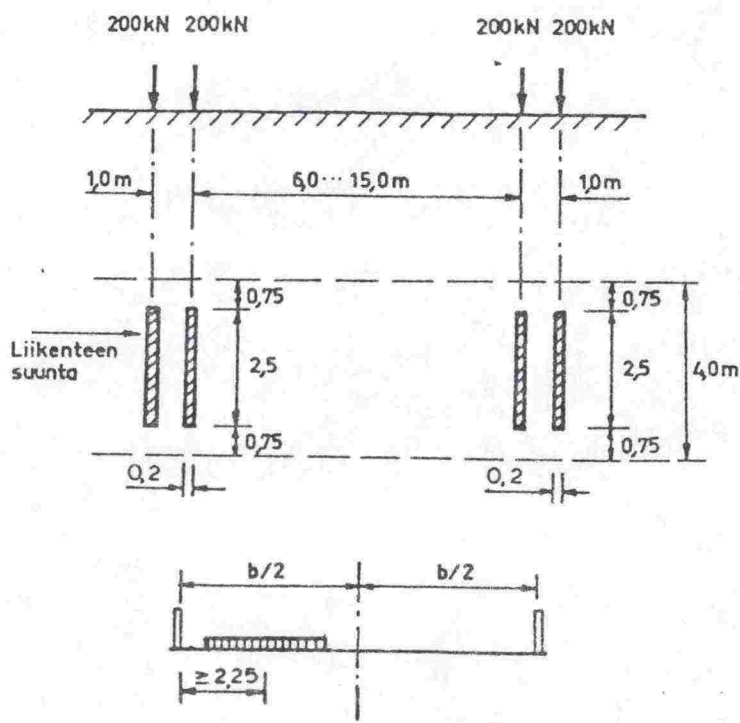
Ajoneuvon otaksutaan kulkevan siten, että sen keskilinjan etäisyys ajoradan reunasta (sillan kaiteesta) on $\geq 2,25$ m.

Sysäyksistä ja tärinästä johtuva pystysuora lisäkuorma otetaan huomioon raskaan erikoiskuorman lisäyksenä seuraavasti:

- a) rakennetta välittömästi tai enintään 0,5 m paksun täytekerroksen välityksellä kuormitettaessa on sysäyslisan suuruus 40 %.
- b) rakennetta 0,5...3,0 m paksun täytekerroksen välityksellä kuormitettaessa on sysäyslisan suuruus 40...0 % suoraviivaisesti interpoloiden
- c) puusilloissa sysäyslisa on aina 20 %
- d) pääkannattajan uloketta kuormittavan kaavion yhdessä akselissa 100 % ja muissa 40 %.



Kuva 4. Raskas erikoiskuorma 1 kuormaluokassa I (ilman sysäyslisiä)



Kuva 5. Raskas erikoiskuorma 2 kuormaluokassa II (ilman sysäyslisiä)

3.112 Jalkakäytävä ja pyörätie

Jalkakäytävä ja pyörätie, jotka on erotettu ajoradasta korokkeella tai tiekaiteella. kuormitetaan $q = 4 \text{ kN/m}^2$ suuruisella tasaisella pintakuormalla.

Ko. alueet kuormitetaan vaihtoehtoisesti kohdan 3.111 kuormakaavio 2:lla tai kuormakaavio 3:lla, jotka oletetaan tällöin onnettomuuskuormiksi.

Mikäli jalkakäytävä tai pyörätie on erotettu ajoradasta siten, etteivät ajoneuvot ajoradalta voi joutua niille, mitoitetaan jalkakäytävä ja pyörätie edellä mainitun pintakuorman q lisäksi kohdan 3.21 kuormakaavion 2 mukaiselle kevyen liikenteen sillan kuormalle.

Kun pystysuora liikennekuorma vaikuttaa ajoradalla samanaikaisesti kuin pintakuorma q jalkakäytävällä tai pyörätiellä, otetaan pintakuorma huomioon arvolla 2 kN/m^2 .

3.113 Keskikaista ja vastaavat alueet

Keskikaista ja muu sillan pinta, jota ei voida pitää ajoradana, pientareena, jalkakäytävänä tai pyörätienä kuormitetaan kuten jalkakäytävä, elleivät erityiset olosuhteet anna aiheutta toisenlaiseen kuormaan.

3.114 Pystysuora liikennekuorma tiepenkereellä

Pystysuora liikennekuorma, joka vaikuttaa rakenteen takana tiepenkereellä, voidaan ottaa huomioon tasaisena pintakuormana q .

Kuormaluokkien I ja II tasainen pintakuorma q on seuraava:

Kuormaluokka	I	II
Pintakuorma $q \text{ (kN/m}^2\text{)}$	20	15

Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä selvitetään erikseen.

3.12 Vaakasuorat kuormat

3.121 Jarrukuorma

Ajoneuvon jarrutuksen ja kiihdytyksen aiheuttaman vaakasuoran kuorman (jarrukuorman) suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	Jarrukuorma P (kN)	
	I	II
Siltapituus $L \leq 10$ m	200	150
Siltapituus $L \geq 40$ m	500	375

Kun siltapituus on välillä 10 m...40 m, määritetään P suoraviivaisesti interpoloimalla.

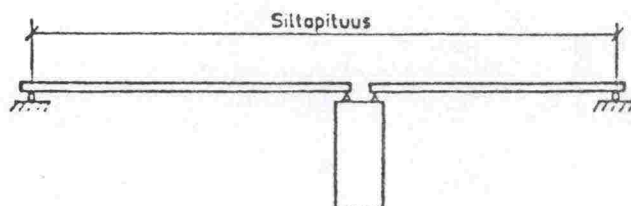
Jarrukuorman oletetaan vaikuttavan tien pituussuunnassa ajoradan tasossa ja sen voidaan olettaa jakaantuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle.

Mitoitettaessa rakenteita, jotka voidaan edellyttää kuormitetuiksi vain yhdellä akselikuormalla (liikuntasaumalaitteet jne.) jarrukuorma P oletetaan jaetuksi kahdeksi osakuormaksi, joiden suuruus on $P/2$ ja keskiöetäisyys 2,0 m ja joiden jakautuminen sivusuunnassa vastaa samanaikaisesti vaikuttavan kuormakaavio 2:n pyöräkuorman jakautumista.

Määritettäessä jarrukuormaa tarkoitetaan siltapituudella todellista yhtenäisen sillan osan pituutta, ts. pituutta, joka vastaa etäisyyttä kahden sellaisen ylimenolaitteen välillä, jotka eivät siirrä vaakakuormia.

Rakenteet, jotka voidaan kuormittaa kahdesta tai useammasta sillan osasta aiheutuvalla jarrukuormalla, mitoitetaan yhdelle jarrukuormalle P riippuen siltapituudesta, joka määritetään siinä tapauksessa niiden periaatteiden mukaan, jotka edellä on selvitetty.

Esimerkkinä niistä on kuva 6, joka esittää kahdelle sillan osalle yhteistä pilaria kiinteine laakereineen. Määritettäessä pilarille jarrukuormaa käytetään siltapituutena yksittäisten sillan osien pituuksien summaa.



Kuva 6.

3.122 Sivukuorma

Ajoneuvon vinoon tapahtuvan tai epäsymmetrisen jarrutuksen, sivusysäyksen tms. aiheuttaman vaakasuoran kuorman (sivukuorman) P suuruus on 25 % kohdassa 3.121 määritellystä jarrukuormasta.

Sivukuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa sillan mielivaltaisessa kohdassa kohtisuoraan tien pituussuuntaan vastaan.

3.123 Keskipakokuorma

Ajoneuvojen aiheuttaman vaakasuoran keskipakokuorman P_c oletetaan esiintyvän samanaikaisesti kuormakaavion 1 kanssa.

Keskipakokuorman suuruus on $P_c = \frac{40}{R} V$, kuitenkin enintään 0,2 V , missä R = vaakasuoran kaarteeseen säde (m) ja V = kuormaryhmästä ja tasaisesti jakautuneesta kuormasta aiheutuvat pystysuorat kuormat.

Keskipakokuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa.

Keskipakokuormaa ei tarvitse ottaa huomioon, kun $R > 1\,500$ m.

3.13 Törmäyskuormat

Törmäyskuormat määritetään kohdan 3.8 mukaan.

3.2 Kevyen liikenteen sillan liikennekuorma

3.21 Pystysuorat kuormat

Jalankulku- ja polkupyöräliikenteen sekä kunnossapidosta aiheutuvan huoltoliikenteen aiheuttamat kuormat sysäyksistä johtuva lisäys mukaanluettuina määritetään käyttäen kuormakaaviota 1 ja 2. Kuormakaaviot 1 ja 2 ovat vaihtoehtoisia.

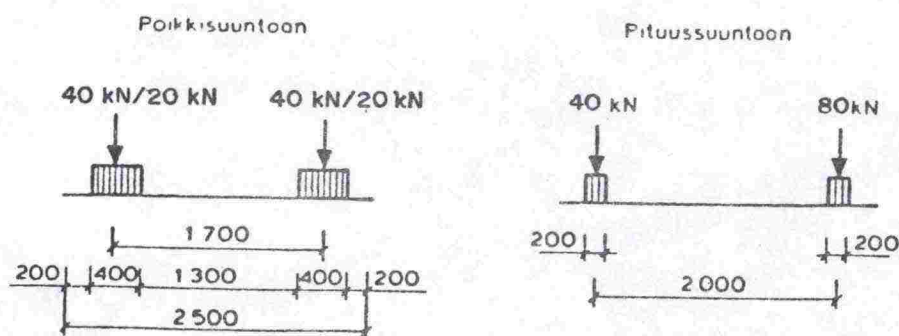
Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaaviolle, joka antaa määräävän vaikutuksen.

Kuormakaavio 1.

Tasainen pintakuorma jonka suuruus on 4 kN/m^2 , on liikkuva kuorma ja se sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saavutetaan määräävä vaikutus.

Kuormakaavio 2.

Kuormakaavio 2 on telikuorma, joka muodostuu kahdesta akselikuormasta, joiden suuruus on 40 ja 80 kN. Akselien väli on 2,0 m ja pyörien keskiöväli 1,7 m. Pyörän suora-kaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,4 m kohtisuorassa tätä vastaan (kuva 6).



Kuva 6. Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saavutetaan määräävä vaikutus. Kosketuspinnan pienin keskiöetäisyys kaiteeseen tai muuhun esteeseen on 0,4 m.

Jos sillan hyötyleveys on pienempi kuin 2,5 m tai jos sillan keskiosa ei muusta syystä tule kuormitetuksi kuormakaaviolla 2, sijoitetaan sillalle pyöräkuorma 20 kN, jonka kosketuspinnan ala on 0,2 m x 0,2 m. Jos sillan päissä on portaat siten, että sillalle ajaminen on mahdotonta, voidaan käyttää 20 kN:n kuormaa mitoituskuormana myös silloille, joiden hyötyleveys on suurempi kuin 2,5 m. Pyöräkuorma voi sijaita missä tahansa sillalla, ei kuitenkaan 0,4 m lähempänä kaidetta tai muuta estettä.

3.22 Vaakasuorat kuormat

3.221 Kuorma sillan pituussuunnassa

Ajoneuvon jarrutuksen tai kiihdytyksen aiheuttaman tai muun sillan pituussuuntaisen, vaakasuoran kuorman P suuruus on

- 50 kN, kun sillan hyötyleveys $\geq 2,5$ m
- 20 kN, kun sillan hyötyleveys $< 2,5$ m tai kun sillalle ajaminen on mahdotonta portaiden tai muun syyn takia.

Vaakakuorman oletetaan vaikuttavan tien pituussuunnassa ajoradan tasossa ja sen voidaan olettaa jakautuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle. Mitoitettaessa yksittäisiä rakennosia esim. liikuntasaumalaitteita, voidaan vaakakuorma jakaa kahdeksi erilliseksi yhtä suureksi osakuormaksi, joiden keskiöetäisyys on 1,7 m.

3.222 Sivukuorma

Sivukuorman suuruus on 25 % kohdassa 3.221 määritellystä vaakakuormasta. Sivukuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa, sillan mielivaltaisessa kohdassa, kohtisuoraan tien pituussuuntaa vastaan.

3.23 Törmäyskuorma

Jos on olemassa ajoneuvon törmäysvaara, mitoitetaan sillan rakenteet kohdassa 3.81 määritellylle törmäyskuormalle.

3.3 Liikennekuorman aiheuttama maanpaine

Liikennekuorman aiheuttama maanpaine voidaan yleensä koko rakennetta koskevissa tarkasteluissa laskea käyttäen kohdassa 3.114 esitettyjä pintakuorman arvoja.

Tarkasteltaessa liikennekuorman paikallisia vaikutuksia, selvitetään tarvittaessa pyöräkuormien jakautumista tarkemmin.

3.4 Laakerikitka

Liikkuvan laakerin kitka määritetään valmistajan suositusten mukaisesti ottaen huomioon materiaaliominaisuuksien ajasta riippuvat muutokset sekä laakerin mahdollinen likaantumisen ja syöpyminen. Riittävien tietojen puuttuessa määritetään kitkavoima kokeilla.

Teräksisten rullalaakerien laakerikitkan otaksutaan olevan 3 % pysyvän kuorman tukireaktiosta. Liukulaakereissa, joissa kitkapinnat ovat polytetrafluoretyleniä (PTFE), laakerikitka vaihtelee riippuen mm. lämpötilasta ja pintapaineesta. Ellei tarkempia selvityksiä ole käytettävissä kitkan voidaan otaksua olevan niissä 6 % pysyvän kuorman tukireaktiosta kun keskimääräinen pintapaine laakerissa on 20 MN/m^2 ja 10 % kun pintapaine on 10 MN/m^2 . Väliarvot saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.

Kumilevylaakerin sivuvastus määritetään ohjeen "Kumilevylaakerien suunnittelu, TVH 722044" mukaan.

3.5 Lämpötilan muutos ja epätasainen lämpötila

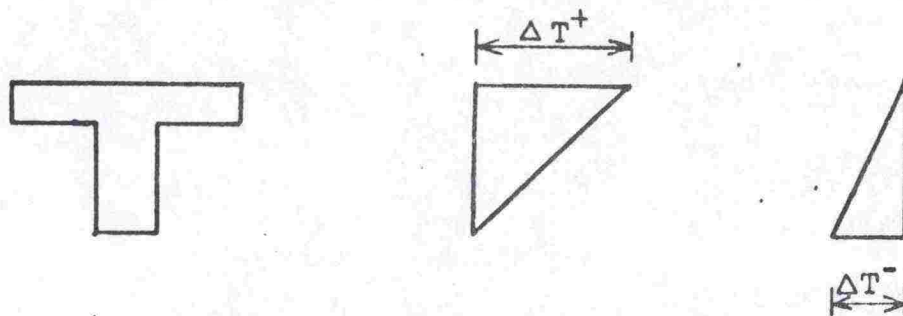
Rakenteen ylin ja alin keskilämpötila T^+ ja T^- voidaan arvioida taulukon 1 avulla.

Rakenteen ylä- ja alapinnan välinen lämpötilaero ΔT^+ ja ΔT^- voidaan arvioida kuvan 7 ja taulukon 1 avulla. Lämpötila-

eron voidaan yleensä olettaa jakautuvan suoraviivaisesti. Liittopalkkisilloissa otaksutaan vaihtoehtoisesti hyppäyksellinen ero $+10^{\circ}\text{C}$ tai -10°C betonilaatan ja teräspalkin välillä. Rakenteissa, joissa lämpötilaerolla on suuri merkitys verrattuna muihin kuormiin, arvioidaan lämpötilaeron jakautuminen tarkemmin.

Teräsosista ja betonista kootussa rakenteessa, kuten betonikaarella, jossa on teräksinen vetotanko, otaksutaan lämpötilaeroksi osien välillä 20°C .

Betonisessa rakenneosassa, kuten kotelopalkin seinässä, otaksutaan lämpötilaeroksi sisä- ja ulkopintojen välillä 5°C .



Kuva 7. Lämpötilaero ΔT^+ ja ΔT^- .

Taulukko 1. Rakenteen keskilämpötila ja lämpötilaero

Rakennetyyppi (Pääkannattimet)	Rakenteen ylin ja alin keskilämpötila ($^{\circ}\text{C}$)			Lämpötilaero ($^{\circ}\text{C}$) (positiivinen lämpötilan ollessa korkeampi yläreunassa)	
	T^+	Alue 1	T^- Alue 2	ΔT^+	ΔT^-
Teräskantinen teräksinen kotelopalkki tai I-palkki	+45	-35	-40	+20	-5
Betonikantinen teräksinen kotelopalkki tai I-palkki	+35	-30	-35	+10	-5
Betoninen laattapalkki tai kotelopalkki Betonilaatta	+25	-25	-30	+10	-5

Alue 1: Linjan Oulu-Kuopio-Lappeenranta länsipuoli

Alue 2: Edellä mainitun linjan itäpuoli

3.6 Tuulikuorma

Silloille, joiden korkeus ympäröivästä maanpinnasta tai vedenpinnasta on korkeintaan 30 m, käytetään seuraavia yksinkertaistettuja sääntöjä. Tuulikuormaksi otaksutaan $w = 1,6 \text{ kN/m}^2$ 10 metrin korkeuteen asti ja $w = 2,0 \text{ kN/m}^2$ 30 metrin korkeudella ympäröivästä maan- tai vedenpinnasta. Tuulikuormat tätä väliltä olevalla korkeudella saadaan suoraviivaisesti interpoloimalla.

Toistuviin peräkkäisiin rakenteisiin voidaan otaksua kohdistuvan tuulikuorman, jonka suuruus on

$0,5 \cdot w$, kun suojaavan rakenteen eheyssuhde $m \geq 0,6$

$1,0 \cdot w$, kun suojaavan rakenteen eheyssuhde $m \leq 0,1$.

Väliarvot saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.

Eheyssuhde $m = \frac{A_c}{A_u}$, jossa A_c = rakenteen projektiopinta-ala ja A_u = rakenteen ääriviivojen sisäpuolelle jäävä pinta-ala.

Siltaan, jolla on ajoneuvoja, otaksutaan vaikuttavan 50 % edellä mainituista arvoista. Ajoneuvojen otaksutaan vastaa-
van suorakaiteen muotoista pintaa, jonka korkeus on 2 metriä ajoradan yläpinnasta.

Jos vaarallisempi vaikutus saavutetaan, otaksutaan tuulikuorman 30 %:lla vähennettynä vaikuttavan suuruutensa ja sijaintinsa puolesta mielivaltaisesti valittuihin pintoihin.

Tuulikuorman otaksutaan pääsääntöisesti vaikuttavan kohtisuoraan pintaa vastaan.

Erikoisrakenteisissa silloissa kuten riippu- ja vinoköysisilloissa määritetään tuulikuorma tapauskohtaisesti.

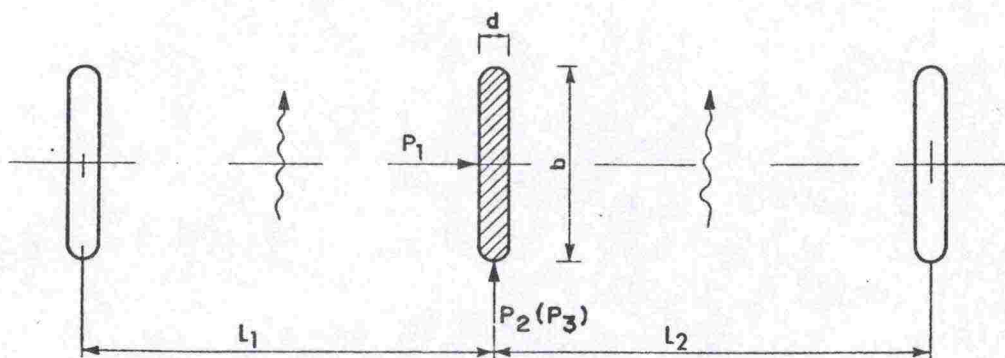
3.7 Jääkuorma

Siltarakenne mitoitetetaan jääkuormalle ottamalla huomioon paikalliset olosuhteet ja rakenteen muotoilu. Tavallisessa jokien jääolosuhteissa siltojen jääkuormat voidaan määrittää seuraavassa esitetyllä tavalla. Näitä arvoja pienempiä arvoja voidaan käyttää helppoissa olosuhteissa, esim. jos siltapilarit ovat joka puolelta jääpeitteen ympäröimiä ja jää sulaa paikoilleen. Erityisen vaikeissa olosuhteissa käytetään suurempia jääkuorman arvoja.

Rakenteisiin kohdistuvien jääkuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa vaakasuorassa suunnassa.

Siltapilariin kohdistuu jääkuorma P_1 , joka aiheutuu ensisijaisesti pysyvän jääpeitteen lämpötilan muutoksesta, ja jääkuorma P_2 , joka aiheutuu virran paineesta kiinteään jääpeitteeseen. Kuorman P_1 otaksutaan vaikuttavan kohtisuoraan pilarin sivupintaa vastaan ja kuorman P_2 virran suunnassa. (Kuva 8)

Jääkuormien P_1 ja P_2 ei oleteta vaikuttavan samanaikaisesti.



Kuva 8. Jääkuorma

Jääkuorman P_1 suuruus määritetään kaavasta

$$P_1 = b \cdot i_1$$

jossa

b = siltapilarin leveys

$$i_1 = \begin{cases} 100 \text{ kN/m linjan Kemi-Kajaani eteläpuolella} \\ 150 \text{ kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella} \end{cases}$$

Jos pilarin molemmin puolin on kiinteä jäänpeite P_1 :n arvoa voidaan pienentää .

Jos vesistön rannat siltapaikan alueella ovat niin jyrkät, että jääkenttä saa täyden tuen vastareunaltaan, (esim. kallioranta 1:1 tai jyrkempi) kerrotaan jääkuorman P_1 arvo kertoimella 1,5.

Jääkuorman P_2 suuruus määritetään kaavasta

$$P_2 = 0,5(l_1 + l_2) \cdot i_2$$

jossa

l_1 ja l_2 ovat etäisyydet tarkasteltavalta pilarilta viereisiin pilareihin

$$i_2 = \begin{cases} 20 \text{ kN/m linjan Kemi-Kajaani eteläpuolella} \\ 30 \text{ kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella} \end{cases}$$

Jos siltapaikan alueella esiintyy liikkuvaa jäätä, tarkistetaan siltapilarit lisäksi virran suunnassa vaikuttavalle kuormalle P_3 , joka määritetään kaavasta

$$P_3 = 1000 \cdot h \cdot d \text{ (kN)}$$

jossa

h = jään paksuus tarkasteltavassa kohdassa (m).

Jään paksuudeksi ei kuitenkaan oleteta enempää kuin 1,0 m

d = siltapilarin paksuus (m)

Rakenteeseen tarttuva jää aiheuttaa vedenpinnan korkeuden vaihdellessa näille pystysuoria kuormia. Kuormien suuruus arvioidaan tapauskohtaisesti.

3.8 Törmäyskuorma

3.81 Ajoneuvoliikenteen törmäys

3.811 Törmäys alusrakenteisiin

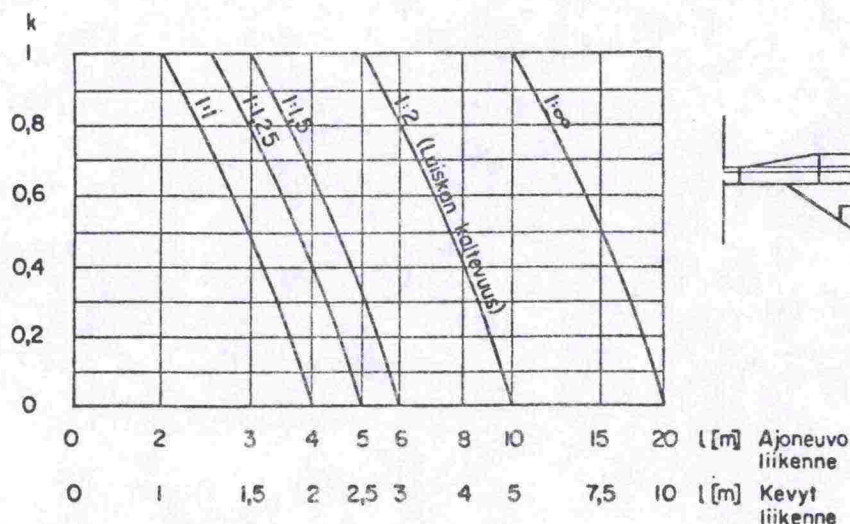
Jos on olemassa raskaan ajoneuvon törmäysvaara sillan alusrakenteisiin, otetaan törmäyksestä aiheutuva kuorma huomioon mitoittamalla rakenteet staattiselle vaakasuoralle törmäyskuormalle. Kuorman suuruus tien pituussuunnassa = 1000 kN ja kohtisuoraan tätä vastaan = 500 kN ajoneuvoliikenteen teillä ja 150 kN kevyen liikenteen teillä. Kuormien otaksutaan vaikuttavan 1 m:n korkeudella ajoradan pinnasta, eikä niiden otaksuta vaikuttavan samanaikaisesti.

Törmäysvaaraa ei katsota olevan

- ajoneuvoliikenteen tiellä, kun rakennetta suojaa korkea sillankaide
- kevyen liikenteen tiellä, kun rakennetta suojaa tiekaide

Jos rakennetta suojaa tiekaide ajoneuvoliikenteen tiellä, voidaan törmäyskuorma ottaa huomioon puolella arvolla.

Sillan alusrakenteen sijaitessa kaukana ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävässä luiskassa, voidaan törmäyskuormaa pienentää kertomalla kohdassa 3.811 mainitut arvot kertoimella k , jonka suuruus saadaan kuvasta 9.



Kuva 9. Törmäyskuorman pienennyskerroin k .

Mitta l on sillan alusrakenteen kohtisuora etäisyys luiskan juuresta tai, maanpinnan ollessa vaakasuora, pientareen ulkoreunasta.

Harkittaessa törmäyskuorman pienentämistä otetaan huomioon myös myöhemmin tehtävät mahdolliset ajoneuvoliikenteen järjestelyt.

3.812 Törmäys päällysrakenteeseen

Sillan päällysrakenne, joka sijaitsee vähemmän kuin 1 m alitse kulkevalle tielle määritellyn vapaan korkeuden yläpuolella, mitoitetaan tapauskohtaisen harkinnan perusteella törmäyskuormalle, jonka suuruus on 300 kN ajoneuvoliikenteen tiellä ja 45 kN kevyen liikenteen tiellä.

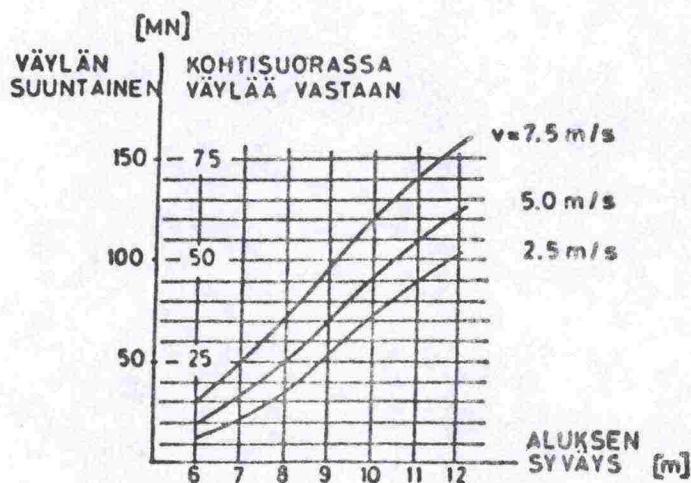
Päällysrakenteeseen kohdistuva törmäysvaara voidaan poistaa rakenteellisilla esteillä.

3.82 Aluksen törmäys

Jos on olemassa vaara, että alus törmää siltapilariin, mitoitetaan pilari törmäykselle.

Törmäyskuorman suuruus riippuu aluksen muodosta ja koosta, kuormasta, nopeudesta, törmäyssuunnasta sekä siltarakenteen massasta ja joustavuudesta.

Törmäyskuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa joko pilarin pituus- tai poikkisuuntaan. Törmäyskuorman suuruus määritetään kuvan 10 mukaan. Mitoitusaluksena käytetään suurinta alusta, joka voi käyttää väylää.



Kuva 10. Törmäyskuorman suuruus aluksen törmätessä siltapilariin

Aluksen törmäysvaaraa siltapilariin voidaan vähentää laivajohteilla, jotka mitoitetetaan väylää käyttäville aluksille.

3.9 Tukien siirtyminen

Jos pääty- tai välituet perustetaan siten, että on odotettavissa perustusten painumia, arvioidaan painumaerot geoteknisten laskelmien perusteella. Kalliolle perustetut tuet oletetaan painumattomiksi. Maanvaraisten tukien painumaeroksi oletetaan aina vähintään 10 mm.

Maanpaineen tai muiden vaakasuorien kuormien rasittamien maanvaraisten perustusten siirtymät arvioidaan erikseen. Kalliolle perustetut tuet oletetaan vaakasuunnassa siirtymättömiksi. Maanvaraisten maatukien siirtymän vaakasuorassa suunnassa oletetaan olevan aina vähintään 10 mm.

3.10 Avattavaa siltaa koskevat erityisohjeet

Sysäykset

Siltaa avattaessa ja suljettaessa esiintyvistä epätasaisesta liikkeestä aiheutuvan sysäyksen suuruudeksi otaksutaan kenties 10 % rakenteen painosta. Sysäyksen oletetaan vaikuttavan tukirakenteisiin saman suuruisena, mutta vastakkaisuuntaisena. Onnettomuuskuormana otetaan huomioon käyttöhäiriöistä aiheutuvat törmäykset puskureihin. Käyttöhäiriöstä johtuen määrätyillä siltatyypeillä saattaa siltaa avattaessa tai suljettaessa esiintyä tilanteita, joissa sillan jarrutus ei toimi, jolloin silta voi kulkea täydellä nopeudella kiinni- tai aukiasentoon. Esimerkiksi kääntösilloissa on silta voitava pysäyttää sellaisilla laitteilla, jotka ottavat sillan liike-energian. Laitteet on valittava siten, että törmäyksessä syntyvien voimien vaikuttaessa sillalla on riittävä varmuus murtoon ja vakavuuden menetykseen nähden.

Tuulikuorma

Avatun sillan tuulikuormaksi oletetaan $1,0 \text{ kN/m}^2$. Koneistoja mitoitettaessa oletetaan tuulikuormaksi $0,50 \text{ kN/m}^2$, jolla kuormalla silta on voitava avata. Koneiston on pidettävä silta paikoillaan tuulikuorman arvolla $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Lumikuorma

Lumikuorman suuruudeksi oletetaan kentittäin läppäsilloissa $0,25 \text{ kN/m}^2$ ja kääntösilloissa $0,15 \text{ kN/m}^2$.

Päällysteen kuluminen

Läppäsiltoihin rakennetaan sillan tasapainon säätö esim. rakenteeseen sijoitetuilla irtopainoilla. Säätömahdollisuus mitoitetaan vastaamaan sillan kulumisen ja uudelleen päällystämisen vaikutusta. Laskelmissa käytetään seuraavia arvoja:

- päällysteen kuluminen $0,15 \text{ kN/m}^2$
- päällysteen painon lisäys $0,10 \text{ kN/m}^2$

4 KUORMIEN YHDISTELY

4.1 Yleistä

Useiden kuormien vaikuttaessa samanaikaisesti on kuormayhdistelmät ja varmuuskertoimet sekä kuormien sijoittelu valittava siten, että eri rakenteille ja rakenneosille tulee suurimmat mahdolliset vaikutukset.

Kuormat jotka ovat suoranaisesti riippuvaisia toisistaan ja usein esiintyvät samanaikaisesti maksimiarvolla kun ne esiintyvät, lasketaan yhdistelyissä yhdeksi kuormaksi.

Kuormia, jotka sulkevat pois toisensa, ei oteta mukaan samaan kuormayhdistelmään.

Pystysuoran liikennekuorman kaaviot 1, 2 tai 3 sekä raskas erikoiskuorma ovat vaihtoehtoisia kuormia, joiden ei otaksuta esiintyvän samanaikaisesti.

Pystysuora liikennekuorma voi esiintyä kuormayhdistelmissä ilman liikenteestä aiheutuvia vaakasuoria kuormia tai yhdessä niiden kanssa. Yhdistelyissä vaakasuorat kuormat kuuluvat ryhmään "Muu muuttuva kuorma".

Yleensä liikenteestä aiheutuva vaakasuora kuorma ei vaikuta ilman samanaikaisesti esiintyvää pystysuoraa liikennekuormaa. Ne eivät kuitenkaan aina kuormita samaa rakenneosaa. Esim. jarrukuorma voi välittyä kauempana sillalla olevasta ajoneuvosta tai maanpaine voi aiheutua liikenteestä, joka on maatuen peruslaatan takana eikä aiheuta maatukeen pystysuoria kuormia.

4.2 Rajatilamitoitus

Murtorajatilatarkasteluissa rakenteet mitoitetaan vaarallisimmalle kuormayhdistelmälle. Laskentakuorma q_d määritetään kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} g_i + \gamma_{q1} q_{k1} + \gamma_{q2} q_{k2} + \sum_{i=3}^n \gamma_{qi} q_{ki} \quad (4.1)$$

Kaavan merkinnät on määritelty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1 Kuorman osavarmuuskertoimet murtorajatila-
tarkasteluissa

Kuorma	Kuorman sym- boli	Osavarmuuskertoimen symboli	Osavarmuuskertoimen kerroin
Pysyvä kuorma, vedenpaine, vedennoste	g_i	γ_{gi}	1,2 tai 0,9
Pystysuora liikennekuorma	q_{k1}		
- kaaviot 1, 2, 3 tai		γ_{q1}	1,8
- raskas erikoiskuorma		γ_{q1}	1,4
Yksi muu muuttuva kuorma	q_{k2}		
- muuttuva kuorma yleensä tai		γ_{q2}	1,6
- jääkuorma		γ_{q2}	1,3
Muut muuttuvat kuormat	q_{ki}	γ_{qi}	0,8

Vaihtoehtoista pysyvän kuorman osavarmuuskertoimista valitaan koko rakenteelle se, joka antaa määräävän vaikutuksen. Saman rakenteen eri osille käytetään aina samaa pysyvän kuorman osavarmuuskertoiminta.

Jos kuormayhdistelmään kuuluu onnettomuuskuorma, määritetään laskentakuorma kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_A + \sum_{i=1}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.2)$$

jossa

q_A on onnettomuuskuorma.

Muut merkinnät ovat kaavan 4.1 mukaiset. Kuormayhdistelmään otetaan kerrallaan vain yksi onnettomuuskuorma. Kuormiin q_{ki} otetaan mukaan ne muuttuvat kuormat, joiden pitkäaikaisuus on $\geq 50 \%$.

Käyttörajatilatarkastelussa laskentakuorma q_d määritetään seuraavasti:

Pitkäaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + \sum_{i=1}^n \psi_i q_{ki} \quad (4.3)$$

ψ_i = muuttuvan kuorman pitkäaikaisuus

Lyhytaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.4)$$

Kaavojen 4.3 ja 4.4 merkinnät ovat samat kuin kaavan 4.1 merkinnät. Rakenne tarkistetaan tarvittaessa erikseen pitkäaikaiselle ja lyhytaikaiselle kuormayhdistelmälle.

Eri kuormien pitkäaikaisosuudet on annettu taulukossa 4.2.

Käyttörajan raja-arvot (esim. sallittu taipuma, sallittu halkeaman leveys) annetaan kyseistä rakennusainetta koskeissa kantavien rakenteiden ohjeissa.

Taulukko 4.2. Kuormien pitkäaikaisosuudet

Kuorma	Pitkäaikaisosuus
Pysyvä kuorma	1
Pystysuora liikennekuorma lisineen	0 tai 0,3 ¹⁾
Jarrukuorma, sivukuorma	0
Keskipakokuorma	0 tai 0,3 ¹⁾
Liikennekuorman aiheuttama maanpaine	0 tai 0,3 ¹⁾
Laakerikitka	0,5
Epätasainen lämpötila	0
Tuuli	0
Jääkuorma	0,2
Kutistuminen	1
Viruminen	1
Tukien siirtyminen	1
Törmäyskuorma	0

1) Arvoista valitaan määräävä

4.3 Mitoitus sallittuja jännityksiä käyttäen.

Mitoitettaessa rakenteita sallittuja jännityksiä käyttäen laskentakuorma määritetään kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.5)$$

Kaavan 4.5 merkinnät ovat samat kuin kaavan 4.4 merkinnät. Sallitut jännitykset ja muut tarvittavat materiaaliarvot annetaan asianomaisen rakennusaineen kantavien rakenteiden ohjeissa tai asianomaisia rakenteita koskevissa ohjeissa.

Raskaan erikoiskuorman osalta voidaan käyttää 0,85 kertaisia ominaiskuorman arvoja.

Onnettomuuskuorma lasketaan kaavasta 4.2.

4.4 Kokonaisvarmuuskerroinmenetelmä

Mitoituskuorma määritetään kuten kohdassa 4.3.

